

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen:	102 50 921.2
Anmeldetag:	31. Oktober 2002
Anmelder/Inhaber:	Siemens Aktiengesellschaft, München/DE
Bezeichnung:	Schaltungsanordnung und Verfahren zur sequentiellen Klassifizierung einer Mehrzahl von ansteuerbaren Bauteilen
IPC:	F 02 D 41/20

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 18. September 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'W. Weber'.

W. Weber

Beschreibung

Schaltungsanordnung und Verfahren zur sequentiellen Klassifizierung einer Mehrzahl von ansteuerbaren Bauteilen

5

Die Erfindung bezieht sich auf eine Schaltungsanordnung zur sequentiellen Klassifizierung einer Mehrzahl von ansteuerbaren Bauteilen, von denen jedem ein Kalibrierwiderstand zugeordnet ist, dessen Widerstandswert das Bauteil bzgl. wenigstens einer Eigenschaft klassifiziert, wobei Schaltmittel vorgesehen sind, durch die jeder Kalibrierwiderstand einzeln zu einem Kalibriernetzwerk schaltbar ist, das geeignet ist zur Erzeugung einer von dem Wert des Kalibrierwiderstandes abhängigen elektrischen Kalibrierspannung.

15

Die Erfindung bezieht sich außerdem auf ein Verfahren zur sequentiellen Klassifizierung einer Mehrzahl von ansteuerbaren Bauteilen, von denen jedem ein Kalibrierwiderstand zugeordnet ist, dessen Widerstandswert das Bauteil bzgl. wenigstens einer Eigenschaft klassifiziert, umfassend die Schritte des sequentiellen Schaltens jedes einzelnen Kalibrierwiderstandes zu einem Kalibriernetzwerk, Beaufschlagen des Kalibrierwiderstandes mit einer elektrischen Spannung, Abgreifen einer von dem Wert des Kalibrierwiderstandes abhängigen, elektrischen Kalibrierspannung am Ausgang des Kalibriernetzwerks.

25

Derartige Schaltungsanordnungen und Verfahren finden beispielsweise Anwendung bei der Ansteuerung von Einspritzventilen für Diesel-Hochdrucksysteme. Diese sind gewissen Fertigungstoleranzen unterworfen, die Auswirkungen auf die Öffnungs- und Schließzeiten der Ventile sowie den Kraftstoffdurchsatz haben. Bedingt durch die sehr hohen Kraftstoffdrücke (bis 1600 bar), die z. T. sehr kurzen Einspritzdauern und

30

die äußerst geringen minimalen Einspritzmengen, können bereits geringe Fertigungstoleranzen die exakte Dosierung der Einspritzmenge stören und damit zu einer Beeinträchtigung der Leistung und des Motorgeräuschs führen. Auch kann es zu un-

5 vollständiger Verbrennung und damit vermehrter Rußentwicklung kommen. Eine präzisere Fertigung ist in den meisten Fällen nicht möglich oder nur unter inakzeptabel hoher Kostensteigerung. Andererseits ist es aber möglich, durch entsprechende Anpassung der individuellen Ansteuerungsparameter die Fertigungstoleranzen während des Betriebs zu kompensieren.

10

Man behilft sich daher damit, die Einspritzventile beim Fertigungsprozess einzeln zu vermessen und entsprechend ihrem Verhalten zu klassifizieren. Zur Kennung der Klassifizierung

15 wird jedem Ventil ein Kalibrierwiderstand in Baueinheit zugeordnet, dessen Widerstandswert die entsprechende Klassifizierung repräsentiert. Durch Bestimmung des Widerstandswertes des Kalibrierwiderstandes und Vergleich mit einer entsprechenden Klassifikationsliste lassen sich geeignete Ansteuerungsparameter finden, mit denen die individuellen Normabweichungen des jeweiligen Ventils derart kompensiert werden,

20 dass ein gewünschtes Betriebsverhalten, z. B. hinsichtlich Einspritzzeitpunkt, -dauer und/oder -menge erzielt wird.

25 Dies kann in modernen, Mikrokontroller-gestützten Systemen dadurch verwirklicht werden, dass bei der Initialisierung der Ventile vor dem Motorstart, deren Kalibrierwiderstände einzeln bestimmt, die zugeordneten Ansteuerungsparameter berechnet oder aus einem Speicher eingelesen und von der Steuerungssoftware beim Betrieb berücksichtigt werden. Hierdurch

30 vermeidet man eine Beeinflussung der Messung durch den normalen Ventilbetrieb und erfasst zudem einen möglichen Austausch eines Ventils, z. B. im Rahmen einer Reparatur.

Zur Vermeidung zusätzlichen Leitungsaufwandes montiert man den Kalibrierwiderstand oft in Verbindung mit einer Betätigungsspule des Ventils, bzw. bei bipolaren Ansteuerungen zwischen den Betätigungsspulen, wobei Schaltmittel, insbesondere Transistorschaltungen vorgesehen sind, die zwischen einer Initialisierungskonfiguration und einer Betriebskonfiguration der Gesamtschaltung hin- und herschalten. Der Kalibrierwiderstand kann so bei ausgeschalteter Spulenansteuerung durch die bei der Initialisierungskonfiguration vorliegende Auswerteschaltung erfasst werden.

Fig. 3 stellt eine Prinzipskizze einer solchen Auswerteschaltung nach dem Stand der Technik, beschränkt auf ein einzelnes Ventil dar, wobei der Übersichtlichkeit halber die Schaltmittel sowie die Ansteuerung derselben nicht dargestellt sind. Gesteuert durch einen (nicht dargestellten) Decoder wird über zwei (nicht dargestellte) Transistoren und vier (nicht dargestellte) Widerstände, eine Widerstandsreihenschaltung von drei Widerständen mit der Versorgungsspannung des 48 V Bordnetzes verbunden. Die Verbindung der ersten beiden Widerstände ist mit der (nicht dargestellten) Öffnerspule eines bipolaren Ventils und damit mit dem dem Ventil zugeordneten Kalibrierwiderstand verbunden. Mit weiteren (nicht dargestellten) Schaltmitteln, die den vorgenannten Decoder, ein OR-Gatter sowie einen Transistor umfassen, wird der Kalibrierwiderstand anderenends mit Masse verbunden. Es liegt im Wesentlichen also eine Spannungsteilerschaltung mit dem Kalibrierwiderstand als zusätzlichem Lastwiderstand vor. Dabei erfolgt der Spannungsabgriff zwischen dem zweiten und dritten Widerstand der Widerstandsreihenschaltung, um die abgegriffene Spannung auf einen Wert herunterzuteilen, der geeignet ist als Eingangsspannung für einen Analog-Multiplexer. Ein sol-

ches Bauteil ist vorgesehen, um nacheinander die Kalibrier-
spannungen für alle Ventile des Systems aufzunehmen und auf
seinen Ausgang durchzuschalten. Dieser ist mit einem entspre-
chenden Analog/Digital-Konverter- (ADC) -Eingang eines (nicht
5 dargestellten) Mikrokontrollers verbunden. Sobald die Kalib-
rierspannung für ein Ventil von dem ADC des Mikrokontrollers
eingelesen ist, wird mittels der Schaltmittel auf das nächste
Ventil bzw. den nächsten Kalibrierwiderstand umgeschaltet und
das beschriebene Verfahren wiederholt bis die Klassifikatio-
10 nen aller Ventile eingelesen sind.

Nachteilig bei dieser Anordnung sowie dem entsprechenden Ver-
fahren ist der extrem hohe Schaltungsaufwand, der sich aus
der Vielzahl der benötigten Bauteile ergibt. Für einen 8-
15 Zylinder-Motor sind beispielsweise acht Ventile mit jeweils
einer Auswerteschaltung wie oben beschrieben erforderlich.
Dies birgt neben den hohen Kosten auch ein entsprechendes Zu-
verlässigkeitsrisiko und schafft Platzprobleme, die nur mit
entsprechend komplexerem und damit teurerem Platinenlayout
20 kompensiert werden können.

Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Schal-
tungsanordnung sowie ein Verfahren zur Verfügung zu stellen,
durch die die genannten Probleme des Standes der Technik ü-
25 berwunden werden, wobei insbesondere unter Beibehaltung der
wesentlichen funktionalen Merkmale der bekannten Schaltung
bzw. des bekannten Verfahrens eine technisch einfachere und
kostengünstigere Alternative angeboten werden soll.

30 Diese Aufgabe wird mit den Merkmalen des unabhängigen An-
spruchs gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen der vorliegen-
den Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

Die Erfindung baut auf der gattungsgemäßen Schaltungsanordnung dadurch auf, dass das Kalibriernetzwerk eine Konstantstromquelle und einen parallel zu dieser geschalteten Referenzwiderstand, über dem die Ausgangsspannung abgreifbar ist, umfasst und durch die Schaltmittel jeweils einem Kalibrierwiderstand parallel schaltbar ist.

Hierdurch wird im Prinzip eine Umwandlung einer Spannungsquellenversorgung auf eine Stromquellenversorgung der Schaltung erzielt. Die Erfindung löst sich dabei von dem nahe liegenden Konzept, der Verwendung des vorhandenen 48 V Bordnetzes als Energiequelle für die Kalibrierschaltung und geht über zu der zunächst komplexer erscheinenden Verwendung einer zusätzlichen Stromquelle, was sich jedoch in der Gesamtheit des Konzeptes überraschend als weniger aufwendig erweist. Zwar muss zur Verwirklichung der zusätzlichen Stromquelle zunächst an dieser Stelle mehr schaltungstechnischer Aufwand getrieben werden. Dieser Aufwand muss jedoch nur innerhalb des allen Ventilen gemeinsamen Kalibriernetzwerks getrieben werden. Durch die sich ergebende, wesentliche Vereinfachung der Schaltmittel sowie der Anzahl der übrigen, jedem einzelnen Ventil zuzuordnenden Bauteile ist insgesamt eine Vereinfachung der Schaltung möglich. Insbesondere werden die für jeden einzelnen Kalibrierwiderstand erforderlichen Spannungsteilerschaltungen aus jeweils mehreren Widerständen durch einen einzigen, gemeinsam genutzten Referenz- oder Messwiderstand ersetzt, was zu erheblichen Einsparungen führt. Da weiter alle Kalibrierwiderstände sequentiell demselben Kalibriernetzwerk zuschaltbar sind, entfällt die Notwendigkeit eines Analog-Multiplexers.

Durch geeignete Wahl der Konstantstromquelle lässt sich zudem erreichen, dass die Kalibrierspannung, also die Ausgangsspan-

nung des Kalibriernetzwerks, ohne besonderen Spannungsteiler die gleichen Werte wie eine Schaltung nach dem Stand der Technik erreicht, wodurch eine vollständige Kompatibilität mit älteren Systemen gegeben ist.

5

Die erfindungsgemäße Schaltungsanordnung wird in besonders vorteilhafterweise dadurch weitergebildet, dass zur Begrenzung der maximalen Ausgangsspannung der Konstantstromquelle zwischen dieser und einer Referenzspannungsquelle eine

10 Begrenzerdiode als Teil des Kalibriernetzwerks angeordnet ist. Der Fachmann erkennt, dass die Diode dabei so zu schalten ist, dass sie, solange die Ausgangsspannung der Stromquelle unterhalb derjenigen der Referenzspannungsquelle liegt, mit einer Spannung in Sperrrichtung beaufschlagt ist,
15 so dass kein Strom durch sie hindurch fließt. Übersteigt dagegen die Ausgangsspannung der Stromquelle die Referenzspannung, liegt über der Begrenzerdiode eine Spannung in Durchlassrichtung an, so dass ein Strom fließen kann, der zu einem Zusammenbruch der Stromquellenspannung bis zu dem gewünschten
20 Maximalwert führt.

Dabei ist vorzugsweise vorgesehen, dass die Referenzspannung eine 5 V VCC-Versorgungsspannung des Kalibriernetzwerks ist. Dies birgt zwei Vorteile. Zum einen ist diese Spannungsquelle
25 ohne weiteres vorhanden, so dass es keines zusätzlichen Schaltungsaufwandes bedarf. Zum anderen wird dadurch eine Maximalspannung festgelegt, die der maximalen Eingangsspannung üblicher Mikrokontroller entspricht, so dass die Ausgangsspannung des Kalibriernetzwerks ohne weitere Sicherheitsmaßnahmen in einen ADC-Eingang eines Mikrokontrollers eingespeist werden kann.
30

Eine besonders bevorzugte Weiterbildung der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung liegt vor, wenn jedem Kalibrierwiderstand eine Entkopplungsdiode zugeordnet ist, über die er mit dem Kalibriernetzwerk verbindbar ist. Über diese Entkopplungsdiode wird ihm der Messstrom der Konstantstromquelle zur Begrenzung der Spannung auf Werte kleiner der maximalen Ausgangsspannung der Konstantstromquelle zugeführt. Sie dient, wie auch die zuvor genannte Einführung einer Begrenzerdiode einer wirksamen und technisch unaufwendigen Spannungsbegrenzung, die durch die Einführung der Stromquelle wünschenswert erscheint, um sicher zu stellen, dass z. B. beim normalen Betrieb der Einspritzventile ($-1\text{ V} - +49\text{ V}$), bei Einwirkung von EMV-Störimpulsen oder bei Kurzschluss der Spulenanschlüsse nach Batteriespannung ($+14\text{ V} - +16\text{ V}$) die Kalibrierspannung den zulässigen Arbeitsbereich eines nachfolgenden ADC-Eingangs nicht verlässt.

Besonders vorteilhafterweise kann weiter vorgesehen sein, dass zur Kompensation des Spannungsabfalls an der jedem Kalibrierwiderstand zugeordneten Entkopplungsdiode eine gemeinsame Diode in Reihe zu dem Referenzwiderstand als Teil des Kalibriernetzwerks angeordnet ist. Diese Kompensation bewirkt zum einen, dass die Kalibrierspannungen durch die vorgenannten Sicherheitsmaßnahmen nicht verfälscht, sondern nur wirksam begrenzt werden. Zudem spart die gemeinsame Nutzung einer Kompensationsdiode die Anordnung von Kompensationsdioden für jeden einzelnen Kalibrierwiderstand.

Vorteilhafterweise sind alle Kalibrierwiderstände sequentiell mit einem Messstrom aus derselben Konstantstromquelle beschickbar. Die hierzu notwendigen Schaltmittel lassen sich auf ein zeitlich aufeinander folgendes Schalten der einzelnen Kalibrierwiderstände gegen Masse sowie eine einfache Verbin-

dung zwischen der jeweiligen Entkopplungsdiode und dem Kalibrierwiderstand beschränken.

Grundsätzlich lässt sich die erfindungsgemäß eingesetzte Konstantstromquelle auf viele unterschiedliche Arten implementieren. Besonders vorteilhaft ist es jedoch, wenn die Konstantstromquelle ein als Stromquelle geschalteter Operationsverstärker ist. Eine solche Schaltung ist dem Fachmann wohl bekannt, einfach und kostengünstig im Aufbau und kann zudem aus der 5 V-VCC-Spannungsquelle, die für vielfache elektronische Schaltungen in dem Gesamtsystem in der Regel ohnehin vorhanden ist, gespeist werden. Alternativ kann beispielsweise eine Konstantstromquelle eingesetzt werden, die einen als Stromquelle beschalteten Transistor umfasst, insbesondere wenn eine zusätzliche Versorgungsspannung von beispielsweise 48 V ohnehin zur Verfügung steht.

Vorzugsweise sind die ansteuerbaren Bauteile zur Klassifizierung wenigstens einer ihrer Eigenschaft Kalibrierwiderstände mit unterschiedlichen und im Rahmen herkömmlicher Fertigungstoleranzen festen Widerstandswerten versehen. Auf diese Weise müssen keine Änderungen der beschriebenen Schaltungsanordnung vorgenommen werden, wenn eines der anzusteuernenden Bauteile etwa ausgetauscht wird, da mit ihm in Baueinheit auch der es klassifizierende Widerstand ausgetauscht wird, der ein einfacher Festwiderstand mit geeignetem Widerstandswert sein kann.

Bei einer bevorzugten Weiterbildung der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung kann vorgesehen sein, dass die Widerstandswerte der Kalibrierwiderstände und die Komponenten des Kalibriernetzwerks derart aufeinander abgestimmt sind, dass die bei Vermessung zweier in der Reihe der Widerstandswerte aufeinander folgender Widerstandswerte resultierenden Kalib-

rierspannungen für alle Widerstandswerte in etwa dieselbe Differenz aufweisen. Das bedeutet, dass die Widerstandswerte zur Klassifizierung der anzusteuernenden Bauteile derart gestaffelt sind, dass die resultierenden Kalibrierspannungen
5 eine Schar von Spannungswerten in etwa gleichen Abstandes bilden, was eine optimale Trennung und damit eine optimale Erkennung der jeweiligen Bauteile ermöglicht.

Alternativ kann die Abstimmung von Kalibrierwiderständen und
10 Kalibriernetzwerk auch derart erfolgen, dass die bei Vermessung zweier in der Reihe der Widerstandswerte aufeinander folgender Widerstandswerte resultierenden Kalibrierspannungen für alle Widerstandswerte in etwa dieselbe relative Differenz - bezogen auf eine der beiden Kalibrierspannungen - aufwei-
15 sen. Damit ist die Differenz zweier aufeinander folgender Spannungen im unteren Bereich geringer als im oberen. Welcher der beiden vorgenannten Abstimmungsweisen der Vorzug zu geben ist, ist vor allem durch die Art der nachfolgenden Auswerteverfahren und -komponenten bestimmt.

20

Als besonders günstig hat es sich erwiesen, wenn die Kalibrierwiderstände Werte von etwa 2,0 k Ω , 3,6 k Ω , 5,6 k Ω ,
8,6 k Ω , 11,0 k Ω , 15,0 k Ω , 20,0 k Ω , 27,0 k Ω und 39,0 k Ω haben.

25

Bei einer besonders bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung hat es sich bewährt, dass die Konstantstromquelle einen Strom von -0,4 mA liefert.

30 Die Erfindung baut auf dem gattungsgemäßen Verfahren dadurch auf, dass das Kalibriernetzwerk von einer Konstantstromquelle mit einem Strom derart beschickt wird, dass das Kalibrieretzwerk und der Kalibrierwiderstand von einer Konstantstrom-

quelle mit einem konstanten Strom beschickt werden und die Kalibrierspannung über einem parallel zu der Konstantstromquelle geschalteten Referenzwiderstand abgegriffen wird.

Hieraus ergeben sich die oben beschriebenen Vorteile der wesentlichen Vereinfachung der zugrunde liegenden Schaltungsanordnung gegenüber einem Verfahren nach dem Stand der Technik, bei dem die zu vermessenden Kalibrierwiderstände nacheinander mit einer Spannungsteilerschaltung zu einem Spannungsabgriff geschaltet werden müssen.

10

Bei einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die Kalibrierspannung in einen Eingang einer Berechnungseinheit eingespeist. Diese ist vorteilhafterweise ein Mikrokontroller, der bevorzugt anhand der eingespeisten Kalibrierspannungen für jedes ansteuerbare Bauteil geeignete Ansteuerungsparameter berechnet und/oder aus einem Speicher einliest.

20

Um Änderungen, die sich z. B. durch Austausch eines der ansteuerbaren Bauteile einschließlich seines Kalibrierungswiderstandes ergeben, zuverlässig erfassen zu können, ist es bevorzugt vorgesehen, das erfindungsgemäße Verfahren unmittelbar vor Inbetriebnahme der ansteuerbaren Bauteile durchzuführen.

25

Obwohl sich die erfindungsgemäße Schaltungsanordnung und das erfindungsgemäße Verfahren grundsätzlich bei jeder Art von durch Kalibrierwiderstände klassifizierten, ansteuerbaren Bauteilen einsetzen lässt, ist es besonders günstig, wenn die ansteuerbaren Bauteile Einspritzventile einer Hochdruckeinspritzanlage eines Dieselmotors sind. Durch die Vielzahl der Einspritzventile, die in einem solchen Motor vorhanden sind,

30

ist nämlich die Einsparungen, die sich aus der Erfindung ergeben besonders beträchtlich.

Die Erfindung wird nun mit Bezug auf die begleitenden Zeichnungen anhand bevorzugter Ausführungsformen beispielhaft erläutert.

Es zeigen:

10 Fig. 1 eine vereinfachte, prinzipielle Darstellung einer erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel;

15 Fig. 2 eine vereinfachte, prinzipielle Darstellung einer erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel;

20 Fig. 3 eine vereinfachte, prinzipielle Darstellung einer Schaltungsanordnung gemäß dem Stand der Technik;

25 Fig. 4 eine vereinfachte, prinzipielle Darstellung der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung aus Fig. 1 mit besonderer Berücksichtigung einer Konstantstromquelle gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform;

30 Fig. 5a eine vereinfachte, prinzipielle Darstellung der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung aus Fig. 1 mit besonderer Berücksichtigung einer Konstantstromquelle gemäß Fig. 2 und erweitert für die Erfassung einer Mehrzahl von Kalibrierwiderständen;

Fig. 5b eine vereinfachte, prinzipielle Darstellung der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung aus Fig. 1 mit

besonderer Berücksichtigung einer Konstantstrom-
quelle, die einen als Stromquelle beschalteten
Transistor umfasst, wobei die Schaltungsanordnung
ebenfalls für die Erfassung einer Mehrzahl von Ka-
librierwiderständen erweitert ist; und

Fig. 6 ein beispielhaftes Diagramm der Kalibrierspannung
als Funktion zweier unterschiedlicher Sätze von Ka-
librierwiderständen zur Demonstration einer bei-
spielhaften Abstimmung von Kalibrierwiderständen
und Kalibriernetzwerk.

Fig. 3 zeigt eine vereinfachte, prinzipielle Darstellung ei-
ner Schaltungsanordnung 30 nach dem Stand der Technik. Ein
Kalibrierwiderstand 11 ist mit einer nicht dargestellten Öff-
nerspule eines Einspritzventils einer Hochdruck-
Einspritzanlage für einen Dieselmotor verbunden. Durch nicht
dargestellte Schaltmittel wird er einerseits, wie darge-
stellt, mit Masse 15 verbunden. Andererseits ist es mit einer
Reihenschaltung der Spannungsteiler-Widerstände 321, 322 und
323 verbunden, die einerseits gegen Masse geschaltet ist und
andererseits über nicht dargestellte Schaltmittel mit der +48
V Versorgungsspannung 33 des Bordnetzes verbunden wird. Die
dargestellte Schaltungskonfiguration wird durch geeignete An-
steuerung der Schaltmittel zur Initialisierung der Einspritz-
ventile vor dem Motorstart hergestellt. Da der Kalibrierwi-
derstand 11 parallel zu den Spannungsteiler-Widerständen 321
und 322 geschaltet ist, ist eine Spannungsteilerschaltung mit
dem Widerstand 323 einerseits und den Widerständen 321 und
322 andererseits realisiert mit dem Kalibrierwiderstand 11
als zusätzlichem Lastwiderstand. Die sich hieraus ergebenden
Zusammenhänge zwischen der über den Widerständen 321 und 322
abfallenden Ausgangsspannung als Funktion der bekannten Ein-

gangsspannung und des zu ermittelnden Kalibrierwiderstandes sind dem Fachmann bekannt. Bei der gezeigten Schaltungsanordnung ist eine weitere Spannungsteilung realisiert, da die verwendete Ausgangsspannung am Knoten zwischen den Widerständen 321 und 322 abgegriffen wird. Diese Maßnahme dient dazu, die Ausgangsspannung auf einen Bereich einzugrenzen, der dem Eingangsbereich des nachgeschalteten Analog-Multiplexers 34 (in der Regel 0-5 V) entspricht, und dennoch für den Kalibrierwiderstand günstige Widerstandswerte in der Größenordnung von ca. 1 bis zu einigen 10 k Ω verwenden zu können. Eine weitere Spannungsbegrenzungsmaßnahme ist durch die Diode 16 realisiert, die gegen die 5 V-VCC-Versorgungsspannung der Elektronik geschaltet ist. Übersteigt die Ausgangsspannung der Spannungsteilerschaltung den zulässigen Bereich 0-5 V, wird die Diode leitend, so dass die Überspannung begrenzt wird und die Eingänge 341, 342 des Multiplexers 34 geschützt sind. Der Multiplexer schaltet die Spannung am Eingang 341 auf seinen Ausgang durch, wo dann die Kalibrierspannung 14 anliegt, die zur weiteren Auswertung einem nicht dargestellten Mikrokontroller zugeführt wird. Nach Erfassung eines Kalibrierwiderstandes schalten die Schaltmittel auf einen nächsten Kalibrierwiderstand und die entsprechende Spannungsteilerschaltung um, deren Ausgangsspannung dann einem weiteren Eingang 342 des Multiplexers 34 zugeführt wird. Dieses Verfahren wird wiederholt, bis alle Kalibrierwiderstände erfasst sind und der Mikrokontroller die zur Ansteuerung der einzelnen Ventile erforderlichen Parameter berechnen oder aus einem Speicher einlesen kann. Danach kann der Motorstart erfolgen. Die Nachteile dieser Schaltungsanordnung wurden oben bereits erläutert.

Fig. 1 zeigt eine erfindungsgemäße Alternativschaltung 10 nach einem ersten Ausführungsbeispiel. Wie auch bei Fig. 3

wurde die Abbildung der Übersichtlichkeit halber auf die Darstellung der erfindungsrelevanten Bauteile beschränkt. Soweit in den Zeichnungen gleiche Bezugszeichen Verwendung finden entsprechen sich die jeweiligen Komponenten in ihrer Funktion. Statt der Spannungsteilerschaltung des Standes der Technik, wird hier ein einziger, Referenz- oder Messwiderstand 12 parallel zu dem jeweils zu erfassenden Kalibrierwiderstand geschaltet. Parallel zu beiden wird eine Konstantstromquelle geschaltet, die die Parallelschaltung der beiden Widerstände 11 und 12 mit einem Gleichstrom I_{DC} beschickt, der unabhängig von den jeweiligen Widerstandswerten stets die gleiche Stromstärke hat. Abhängig vom Widerstandswert des Kalibrierwiderstandes 11 ist jedoch die hochohmig abgreifbare Kalibrierspannung 14. Durch geeignete Wahl des Referenzwiderstandes 12 kann die Schaltung so eingerichtet werden, dass sich die Kalibrierspannung 14 als Funktion des Kalibrierwiderstandes 12 ebenso verhält, wie die Kalibrierspannung der Spannungsteilerschaltung nach dem Stand der Technik. Unter Bezugnahme auf Fig. 3 müssten hierzu der Referenzwiderstand 12 in Fig. 1 und I_{DC} die Werte

$$R_{12} = \frac{R_{323}(R_{321} + R_{322})}{(R_{321} + R_{322} + R_{323})}$$

und

$$I_{DC} = 48 \text{ V} \times \frac{R_{321}(R_{321} + R_{322})}{R_{323}(R_{321} + R_{322})}$$

25

aufweisen, wobei in den Gleichungen R allgemein einen Widerstand bezeichnet und die Indizes den Bezugszeichen in Fig. 1 und 3 entsprechen. Eine derartige Wahl der Komponenten ist besonders vorteilhaft, wenn die erfindungsgemäße Schaltungsanordnung auch auf ältere Systeme angewendet werden soll, die ursprünglich für ein Kalibriernetzwerk nach dem Stand der

30

Technik entworfen worden waren. Selbstverständlich ist jedoch auch eine beliebige andere Komponentenwahl möglich, die je nach Einsatzzweck optimiert werden kann. Die Schaltungsanordnung 10 zeigt lediglich den zur Erfassung eines einzelnen Kalibrierwiderstandes erforderlichen Ausschnitt einer Gesamtschaltung, die im Zusammenhang mit Fig. 5 näher erläutert wird. Es ist aber bereits aus dieser Abbildung erkennbar, dass das gleiche Kalibriernetzwerk für alle Kalibrierwiderstände eines Systems verwendet werden und seine Ausgangsspannung, d.h. die Kalibrierspannung ohne weiteres Multiplexing in einen nachfolgenden Mikrokontroller eingespeist werden kann.

Fig. 2 zeigt eine besonders vorteilhafte Weiterbildung 20 der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung. Sie erweitert die Schaltungsanordnung 10 um die Dioden 161, 162 und 163 sowie um die Spannungsquelle 17. Die übrigen Komponenten entsprechen den jeweiligen Komponenten gleichen Bezugszeichens in Fig. 1.

Zur Begrenzung der Kalibrierspannung auf Werte die in eine nachfolgende Auswerteelektronik eingelesen werden können, sind die Entkopplungsdiode 163 und die Begrenzerdiode 162 vorgesehen. Die Entkopplungsdiode 163 entkoppelt das dargestellte Kalibriernetzwerk von der nicht dargestellten Ansteuerung des ebenfalls nicht dargestellten Ventils. Eine solche Entkopplung ist günstig, da bei gängigen Einspritzventilen z. B. der Kalibrierwiderstand mit der Öffnerspule des zugeordneten Ventils verbunden ist. Beim bestimmungsgemäßen Betrieb der Ventile treten Spannungen in der Größenordnung von -1 V - $+49\text{ V}$ auf. Diese können durch die Entkopplungsdiode 163 von dem Kalibriernetzwerk entkoppelt werden.

Die Begrenzerdiode 162 ist dagegen mit der 5 V-VCC-Versorgungsspannung 17 verbunden. Überschreitet die Kalibrierspannung diesen maximal zulässigen Wert, wird die Diode 162 in Durchlassrichtung beaufschlagt, so dass die Spannung 14 wirksam begrenzt wird.

Die Kompensationsdiode 161 schließlich hat die Aufgabe, den Spannungsabfall über der Entkopplungsdiode 163 zu kompensieren, damit durch die ansonsten vorliegende Spannungsteilung keine Verfälschung der Messwerte, d.h. der Kalibrierspannung 14 auftritt.

Fig. 4 zeigt eine Schaltung 40, die der Schaltung 10 aus Fig. 1 entspricht, wobei jedoch eine besonders vorteilhafte Ausführung der Stromquelle 13 dargestellt ist. Die Stromquelle 13 ist hier nämlich als Operationsverstärker 131, geschaltet als Konstantstromquelle, ausgeführt. Die Energiezufuhr erfolgt über die VCC-Spannungsversorgung 17. Dem Fachmann ist diese Stromquellenschaltung grundsätzlich bekannt, so dass die Dimensionierung der Widerstände 132a-d nicht näher diskutiert werden muss. Der Kondensator 133 kann fallweise zur Stabilisierung eingefügt werden. Die übrigen Komponenten entsprechen den jeweiligen Komponenten gleichen Bezugszeichens in Fig. 1.

25

Fig. 5a zeigt eine Erweiterung der Schaltung von Fig. 2 auf die Ansteuerung einer Mehrzahl von Ventilen, im vorliegenden Fall von acht (nicht dargestellten) Ventilen. Als Stromquelle wird eine Konstantstromquelle gemäß der im Zusammenhang mit Fig. 4 erläuterten, besonders vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung verwendet. Wie leicht erkennbar, kann das gesamte Kalibriernetzwerk auf einfachste Weise mit dem jeweils interessierenden Kalibrierwiderstand verbunden werden, wobei

30

die nicht dargestellten Schaltmittel sehr einfach ausgeführt werden können und bis auf die Entkopplungsdioden 163a-h alle Komponenten des Kalibriernetzwerks nur einfach ausgeführt werden müssen. Der Übersichtlichkeit halber wurde auf die

5 Darstellung der mit den Entkopplungsdioden 163b-h zu verbindenden Kalibrierwiderstände verzichtet. Die übrigen Komponenten entsprechen den jeweiligen Komponenten gleichen Bezugszeichens in Fig. 1, 2 und 4.

10 Figur 5b zeigt eine alternative Ausführungsform der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung, wobei sich die Schaltungsanordnung nach Figur 5b durch die Art der Verwirklichung der Konstantstromquelle von der Schaltungsanordnung gemäß Figur 5a unterscheidet. Bei der in Figur 5b dargestellten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung umfasst

15 die Konstantstromquelle einen Transistor 134, dessen Emitter über einen Widerstand 135 mit der 48 V Spannungsversorgung 33 in Verbindung steht, die beispielsweise zum Betrieb von Einspritzventilen ohnehin zur Verfügung steht. Die Basis des

20 Transistors 134 ist mit der VCC-Spannungsversorgung 17 verbunden und der Kollektorstrom des Transistors 134 stellt den Konstantstrom I_{DC} dar. Die Höhe des Konstantstroms I_{DC} hängt dabei von der Spannung an dem Widerstand 135 und dem Wert des Widerstands 135 ab. Die Spannung am Widerstand 135 entspricht

25 der Differenz aus der 48 V Versorgungsspannung 33 und der Summe aus der VCC-Versorgungsspannung 17 und der Basis-Emitter-Spannung des Transistors 134. Wenn die VCC-Versorgungsspannung 5 V und die Basis-Emitter-Spannung ungefähr 0,7 V beträgt, hat die Spannung am Widerstand 135 beispielsweise einen Wert von ungefähr 42,3 V. Für einen Kon-

30 stantstrom I_{DC} von -0,4 mA ergibt sich in diesem Fall ein Wert von 105,75 k Ω für den Widerstand 135. Eine Begrenzung der Ausgangsspannung wie etwa durch die Diode 162 von Figur

5a kann bei der Ausführungsform gemäß Figur 5b entfallen, da die Spannung am Kollektor des Transistors 134 - bedingt durch die Verbindung der Basis mit der VCC-Versorgungsspannung 17 - auf ungefähr 5,6 V begrenzt ist. Die Diode 161 sorgt durch ihren Spannungsabfall von ungefähr 0,7 V dafür, dass die Ausgangsspannung insgesamt kleiner als die VCC-Versorgungsspannung 17 bleibt. Es ist zu beachten, dass insbesondere die Toleranz der 48 V Versorgungsspannung 33, die Toleranz der VCC-Versorgungsspannung 17, die temperaturabhängige Drift der Basis-Emitter-Spannung des Transistors 134 und der Stromverstärkungsfaktor des Transistors 134 einen Einfluss auf die Genauigkeit des Konstantstroms I_{DC} haben. Die Konstantstromquelle gemäß Figur 5b weist einen deutlich einfacheren Aufbau als die Konstantstromquelle gemäß Figur 5a auf, was jedoch unter Umständen mit einer zumindest etwas geringeren Genauigkeit des Konstantstroms I_{DC} erkauft werden muss.

Fig. 6 zeigt zwei vorteilhafte Ausführungsbeispiele der Abstimmung der Kalibrierwiderstände und des Kalibriernetzwerks anhand der Kalibrierspannung als Funktion des Kalibrierwiderstandes bei einem gegebenen I_{DC} von 0,4 mA. Es sind vorzugsweise acht Widerstandswerte für den Kalibrierwiderstand vorgesehen, die acht Klasseneinteilungen hinsichtlich wenigstens einer Eigenschaft der zugeordneten Einspritzventile repräsentieren. Die gestrichelten Linien zeigen die Werte für einen Satz von Kalibrierwiderständen, die so gestaffelt sind, dass die prozentuale Differenz von zwei aufeinanderfolgenden Widerstandswerten in der Reihe der Kalibrierwiderstände stets etwa gleich groß ist. Die durchgezogenen Linien repräsentieren dagegen die bevorzugte Ausführungsform, bei der die relative Differenz zweier Kalibrierspannungen für aufeinanderfolgende Widerstandswerte in der Reihe der Kalibrierwiderstände stets etwa gleich groß ist. Beispielhaft seien nach-

folgend entsprechende Wertepaare angegeben, die besonders bevorzugte Widerstands- und Spannungsbereiche wiedergeben. Tabelle 1 zeigt dabei mögliche Wertepaare mit in etwa gleich bleibenden Widerstandsverhältnissen, Tabelle 2 mögliche Wertepaare mit in etwa gleich bleibender Spannungsdifferenz:

Tabelle 1

R (Kalibrierwiderstand 11) [k Ω]	U (Kalibrierspannung 14) [V]
2,0	0,716
3,0	1,020
4,3	1,369
6,2	1,821
9,1	2,374
12,0	2,817
18,0	3,499
27,0	4,172
39,0	4,736

Tabelle 2

R (Kalibrierwiderstand 11) [k Ω]	U (Kalibrierspannung 14) [V]
2,0	0,824
3,6	1,278
5,6	1,760
8,2	2,282
11,0	2,726
15,0	3,227
20,0	3,699
27,0	4,179
39,0	4,716

Die dargestellten Ausführungsbeispiele sind selbstverständlich lediglich als beispielhafte Illustrationen der besonders vorteilhaften Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung und des erfindungsgemäßen Verfahrens zu verstehen. Der Fachmann wird im Rahmen der hier offenbarten Lehre vielfältige Variationen vornehmen können, ohne sich von dem Kern der Erfindung zu entfernen.

Die in der vorstehenden Beschreibung, in den Zeichnungen sowie in den Ansprüchen offenbarten Merkmale der Erfindung können sowohl einzeln als auch in beliebiger Kombination für die Verwirklichung der Erfindung wesentlich sein.

Patentansprüche

1. Schaltungsanordnung zur sequentiellen Klassifizierung einer Mehrzahl von ansteuerbaren Bauteilen, von denen jedem ein
5 Kalibrierwiderstand (11) zugeordnet ist, dessen Widerstandswert das Bauteil bzgl. wenigstens einer Eigenschaft klassifiziert, wobei Schaltmittel vorgesehen sind, durch die jeder Kalibrierwiderstand (11) einzeln zu einem Kalibriernetzwerk schaltbar ist, das geeignet ist zur Erzeugung einer von dem
10 Wert des Kalibrierwiderstandes (11) abhängigen elektrischen Kalibrierspannung (14),

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass das Kalibriernetzwerk eine Konstantstromquelle (13) und einen parallel zu dieser geschalteten Referenzwiderstand
15 (12), über dem die Ausgangsspannung (14) abgreifbar ist, umfasst und durch die Schaltmittel jeweils einem Kalibrierwiderstand (11) parallel schaltbar ist.

2. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1,
20 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass zur Begrenzung der maximalen Ausgangsspannung der Konstantstromquelle (13) zwischen dieser und einer Referenzspannungsquelle (17) eine Begrenzerdiode (162) als Teil des Kalibriernetzwerks angeordnet ist.

25

3. Schaltungsanordnung nach Anspruch 2,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass die Referenzspannung eine 5 V VCC-Versorgungsspannung
(17) des Kalibriernetzwerks ist.

30

4. Schaltungsanordnung nach einem der vorangehenden Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

dass jedem Kalibrierwiderstand eine Entkopplungsdiode (163) zugeordnet ist, über die er mit dem Kalibriernetzwerk verbindbar ist.

5 5. Schaltungsanordnung nach Anspruch 4,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass zur Kompensation des Spannungsabfalls an der jedem Kalibrierwiderstand (11) zugeordneten Entkopplungsdiode (163) eine gemeinsame Diode (161) in Reihe zu dem Referenzwiderstand (12) als Teil des Kalibriernetzwerks angeordnet ist.

6. Schaltungsanordnung nach einem der vorangehenden Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
15 dass alle Kalibrierwiderstände (11) sequentiell mit einem Messstrom aus derselben Konstantstromquelle (13) beschickbar sind.

7. Schaltungsanordnung nach einem der vorangehenden Ansprüche,
20 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass die Konstantstromquelle (13) ein als Stromquelle geschalteter Operationsverstärker (131) ist oder einen als Stromquelle beschalteten Transistor (134) umfasst.

25

8. Schaltungsanordnung nach einem der vorangehenden Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass zur Klassifizierung wenigstens einer Eigenschaft der ansteuerbaren Bauteile diese mit Kalibrierwiderständen (11) mit unterschiedlichen und im Rahmen herkömmlicher Fertigungstoleranzen festen Widerstandswerten versehen sind.

30

9. Schaltungsanordnung nach einem der vorangehenden Ansprüche,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

dass die Widerstandswerte der Kalibrierwiderstände (11) und

5 die Komponenten des Kalibriernetzwerks derart aufeinander abgestimmt sind, dass die bei Vermessung zweier in der Reihe der Widerstandswerte aufeinander folgender Widerstandswerte resultierenden Kalibrierspannungen (14) für alle Widerstandswerte in etwa dieselbe Differenz aufweisen.

10

10. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 8,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

dass die Widerstandswerte der Kalibrierwiderstände (11) und

die Komponenten des Kalibriernetzwerks derart aufeinander ab-

15 gestimmt sind, dass die bei Vermessung zweier in der Reihe

der Widerstandswerte aufeinander folgender Widerstandswerte

resultierenden Kalibrierspannungen (14) für alle Widerstands-

werte in etwa dieselbe relative Differenz - bezogen auf eine

der beiden Kalibrierspannungen (14) - aufweisen.

20

11. Schaltungsanordnung nach einem der vorangehenden Ansprüche,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

dass die Kalibrierwiderstände (11) Werte von etwa 2,0 k Ω ,

25 3,6 k Ω , 5,6 k Ω , 8,6 k Ω , 11,0 k Ω , 15,0 k Ω , 20,0 k Ω , 27,0 k Ω
und 39,0 k Ω haben.

12. Schaltungsanordnung nach einem der vorangehenden Ansprüche,

30 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

dass die Konstantstromquelle (13) einen Strom von -0,4 mA liefert.

13. Verfahren zur sequentiellen Klassifizierung einer Mehrzahl von ansteuerbaren Bauteilen, von denen jedem ein Kalibrierwiderstand (11) zugeordnet ist, dessen Widerstandswert das Bauteil bzgl. wenigstens einer Eigenschaft klassifiziert, umfassend die Schritte des

- sequentiellen Schaltens jedes einzelnen Kalibrierwiderstandes (11) zu einem Kalibriernetzwerk,

10 - Beaufschlagen des Kalibrierwiderstandes (11) mit einer elektrischen Spannung,

- Abgreifen einer von dem Wert des Kalibrierwiderstandes (11) abhängigen, elektrischen Kalibrierspannung (14) am
15 Ausgang des Kalibriernetzwerks,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass das Kalibriernetzwerk und der Kalibrierwiderstand von einer Konstantstromquelle (13) mit einem konstanten Strom beschickt werden und die Kalibrierspannung (14) über einem parallel zu der Konstantstromquelle (13) geschalteten Referenzwiderstand (12) abgegriffen wird.

14. Verfahren nach Anspruch 13,

25 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass die Kalibrierspannung (14) in einen Eingang einer Berechnungseinheit eingespeist wird.

15. Verfahren nach Anspruch 14,

30 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass die Berechnungseinheit anhand der eingespeisten Kalibrierspannungen (14) für jedes ansteuerbare Bauteil geeignete

Ansteuerungsparameter berechnet und/oder aus einem Speicher einliest.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 15,

5 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass es unmittelbar vor Inbetriebnahme der ansteuerbaren Bauteile durchgeführt wird.

17. Vorrichtung bzw. Verfahren nach einem der vorangehenden
10 Ansprüche,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass die ansteuerbaren Bauteile Einspritzventile einer Hochdruckeinspritzanlage eines Dieselmotors sind.

Zusammenfassung

Schaltungsanordnung und Verfahren zur sequentiellen Klassifizierung einer Mehrzahl von ansteuerbarer Bauteilen

5

Die Erfindung betrifft eine Schaltungsanordnung zur sequentiellen Klassifizierung einer Mehrzahl von ansteuerbaren Bauteilen, von denen jedem ein Kalibrierwiderstand (11) zugeordnet ist, dessen Widerstandswert das Bauteil bzgl. wenigstens einer Eigenschaft klassifiziert, wobei Schaltmittel vorgesehen sind, durch die jeder Kalibrierwiderstand (11) einzeln zu einem Kalibriernetzwerk schaltbar ist, das geeignet ist zur Erzeugung einer von dem Wert des Kalibrierwiderstandes (11) abhängigen elektrischen Kalibrierspannung (14). Die Erfindung zeichnet sich dadurch aus, dass das Kalibriernetzwerk eine Konstantstromquelle (13) und einen parallel zu dieser geschalteten Referenzwiderstand (12), über dem die Ausgangsspannung (14) abgreifbar ist, umfasst und durch die Schaltmittel jeweils einem Kalibrierwiderstand (11) parallel schaltbar ist..

Die Erfindung betrifft weiter ein Verfahren zur vorteilhaften Anwendung der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung.

25 Figur 5a

1/4

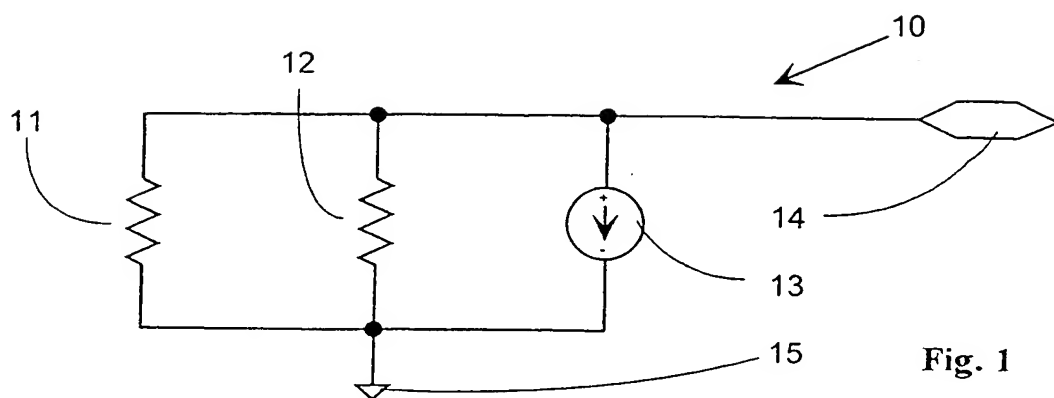


Fig. 1

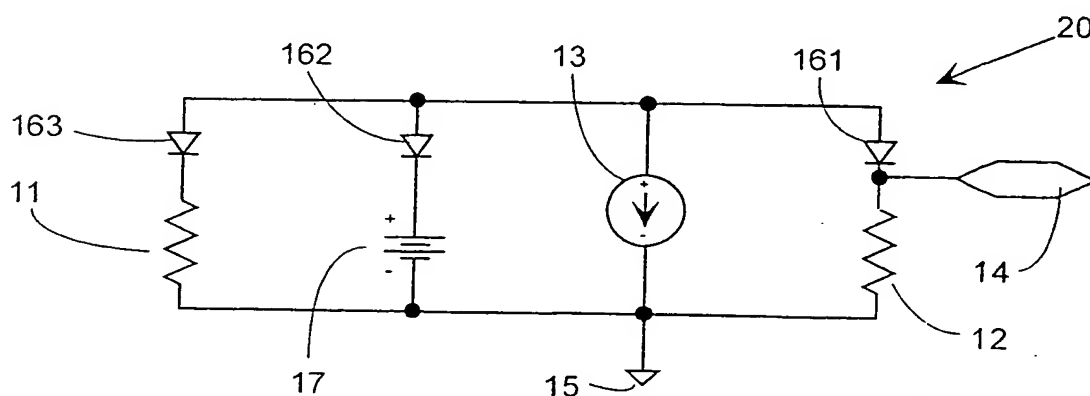


Fig. 2

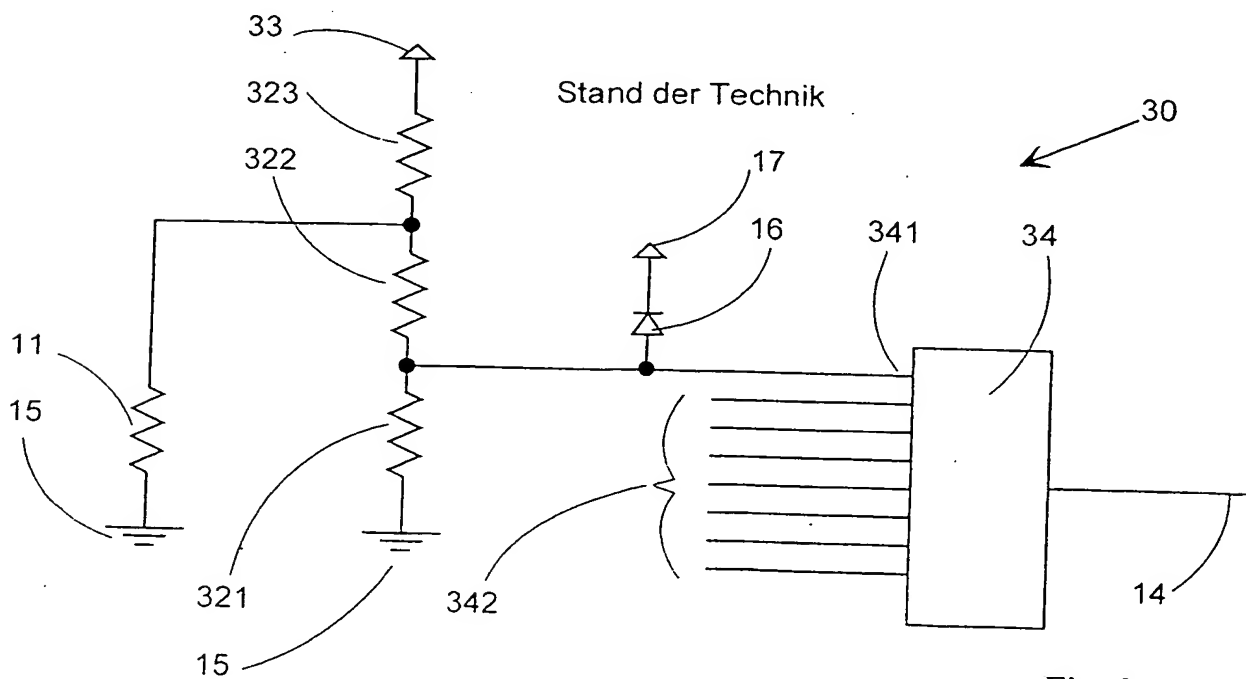


Fig. 3

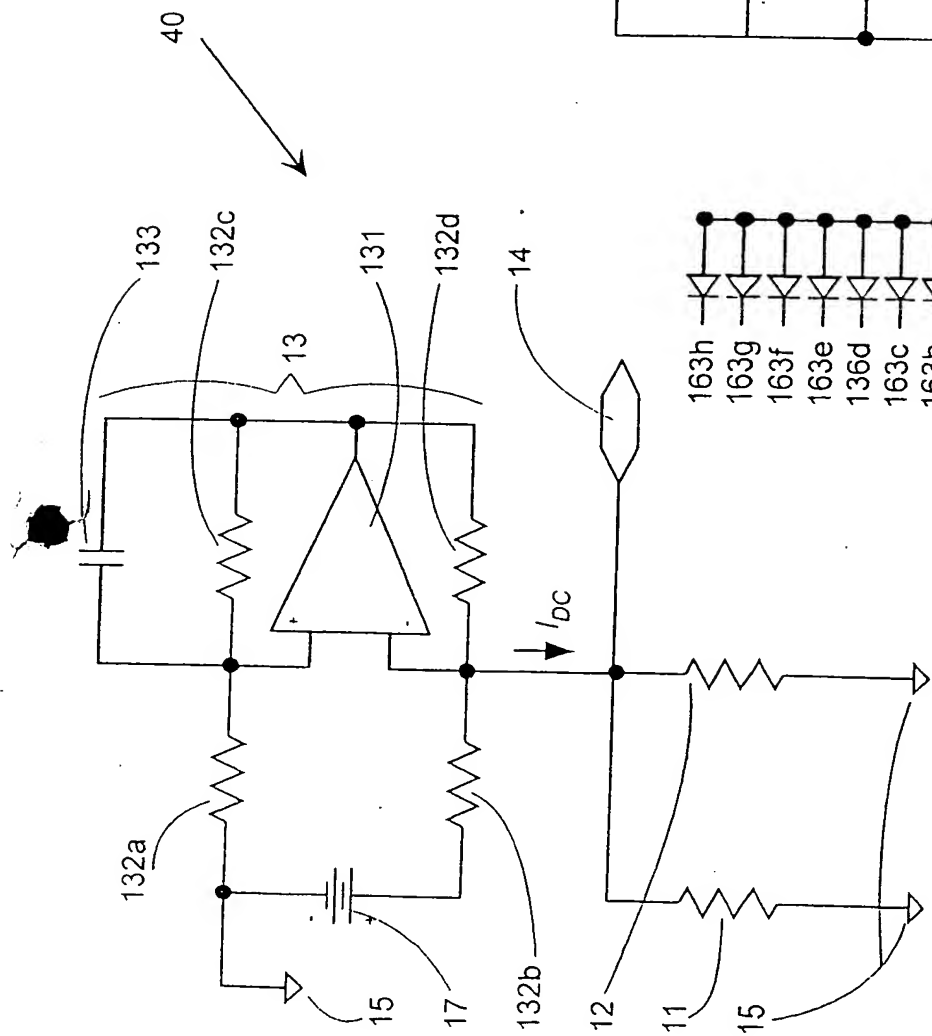


Fig. 4

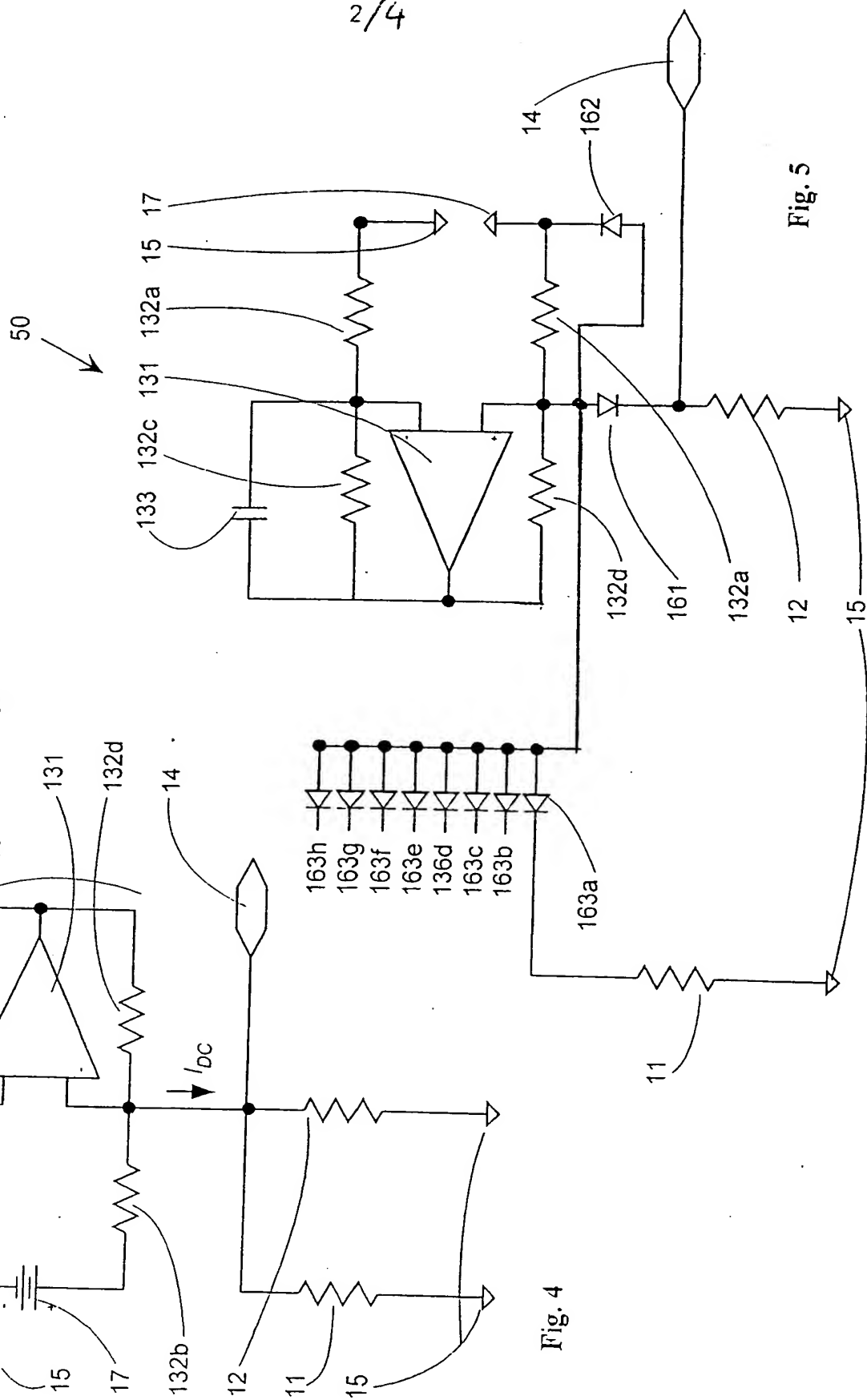


Fig. 5

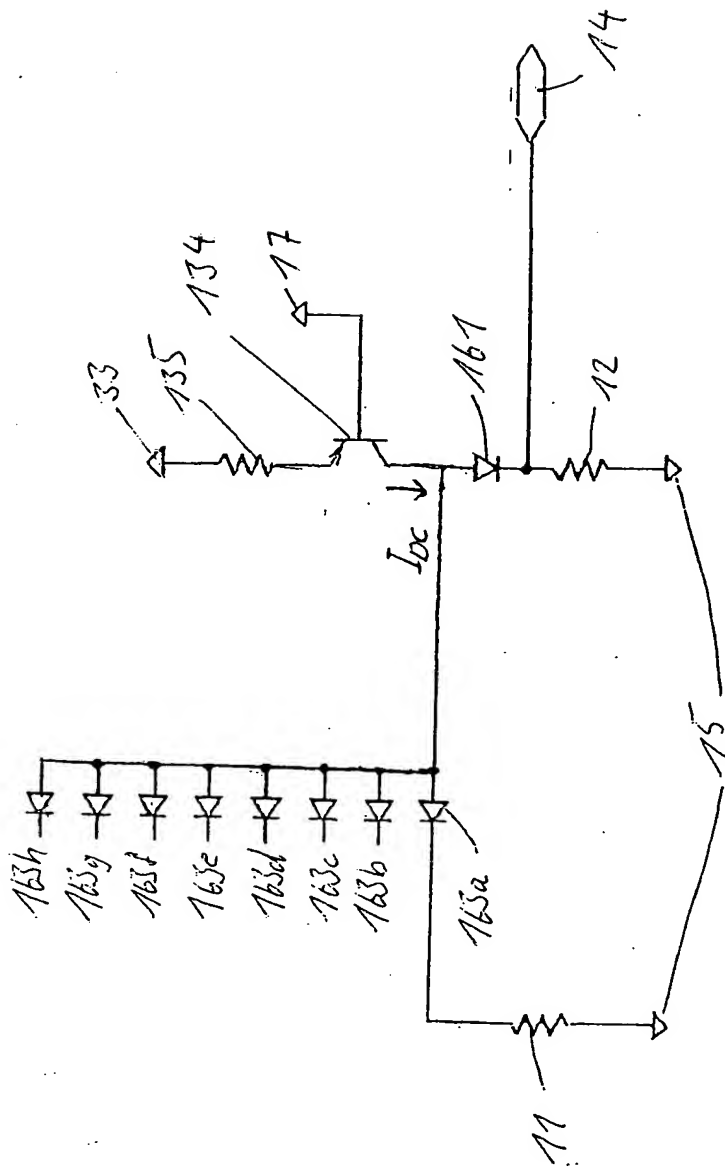


Fig. 5b

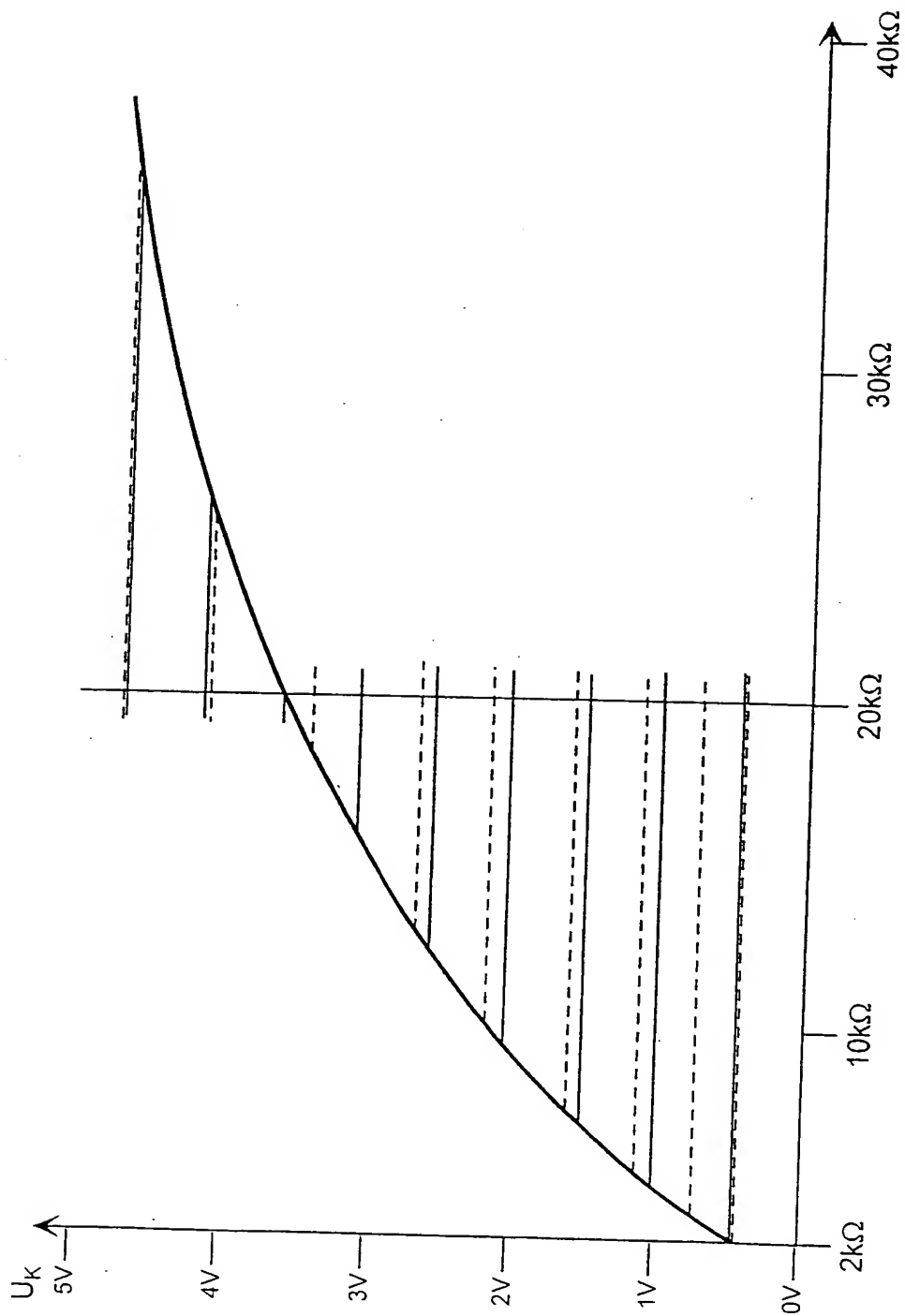


Fig. 6